

**Drive systems for a motor vehicle and methods for operating the same**

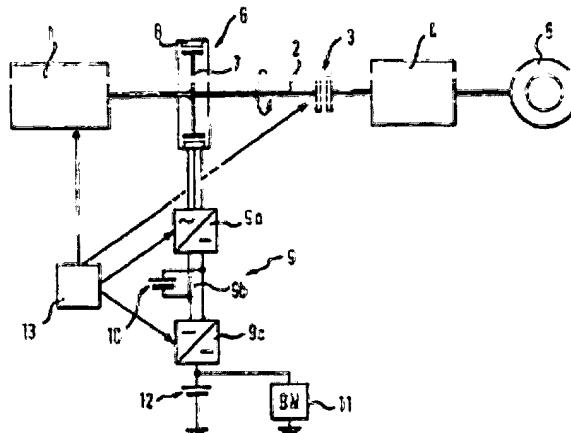
**Patent number:** DE19814402  
**Publication date:** 1999-10-14  
**Inventor:** PELS THOMAS (DE); REVERMANN KLAUS (DE)  
**Applicant:** ISAD ELECTRONIC SYS GMBH & CO (DE)  
**Classification:**  
- **international:** B60K6/02; F02D9/00; F02N17/00  
- **european:** B60K6/02; B60K6/04B4; B60K6/04D2; B60K6/04D4;  
B60K6/04H4; B60K6/04H6C; B60K6/04T4;  
B60K41/00D2; F02N17/00  
**Application number:** DE19981014402 19980331  
**Priority number(s):** DE19981014402 19980331

**Also published as:**

- WO9950084 (A1)
- EP1068090 (A1)
- US6543561 (B1)
- EP1068090 (B1)

**Abstract of DE19814402**

The invention relates to a propulsion system for a motor vehicle, comprising an internal combustion engine (1) and at least one electric machine (6, 6') which can each on their own serve as a drive motor for the motor vehicle. The propulsion system is configured in such a way that the motor vehicle is started as follows: i) first the vehicle is accelerated only by the electric machine (6, 6'); ii) in the meantime the internal combustion engine (1) is started; and iii) the internal combustion engine (1) takes over the propulsion of the vehicle. To avoid jerky coupling of the internal combustion engine (1) during steps i) to iii), either a) the internal combustion engine (1) is dragged while the electric machine (6, 6') accelerates the vehicle, or b) the internal combustion engine (1) is revved in preparation for starting while decoupled from the propulsion system and then coupled to the propulsion system when the rpms are synchronous. The invention also relates to a method for running such a propulsion system.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

## DE 198 14 402 A 1

⑮ Int. Cl. 6:

B 60 K 6/02

F 02 D 9/00

F 02 N 17/00

DE 198 14 402 A 1

⑯ Aktenzeichen: 198 14 402.4

⑯ Anmeldetag: 31. 3. 98

⑯ Offenlegungstag: 14. 10. 99

⑰ Anmelder:

ISAD Electronic Systems GmbH & Co. KG, 50733  
Köln, DE

⑰ Vertreter:

Samson & Partner, Patentanwälte, 80538 München

⑰ Erfinder:

Pels, Thomas, 51491 Overath, DE; Revermann,  
Klaus, 50733 Köln, DE

⑯ Entgegenhaltungen:

DE 195 39 571 A1  
DE 195 30 231 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug sowie Verfahren zum Betreiben desselben

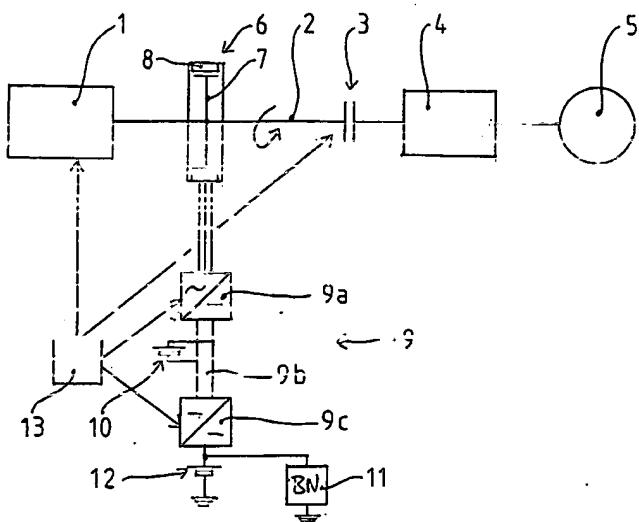
⑯ Die Erfindung betrifft ein Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug, mit einem Verbrennungsmotor (1) und wenigstens einer elektrischen Maschine (6, 6'), die jeweils für sich als Antriebsmotor des Fahrzeugs dienen können, wobei das Antriebssystem so ausgebildet ist, daß die Anfahrrphase des Fahrzeugs folgendermaßen abläuft:

- das Fahrzeug wird anfangs allein durch die elektrische Maschine (6, 6') beschleunigt,
- der Verbrennungsmotor (1) wird währenddessen gestartet,
- der Verbrennungsmotor (1) übernimmt darauf folgend den Antrieb des Fahrzeugs,

wobei ein ruckartiges Ankuppeln des Verbrennungsmotors (1) Verlauf der Schritte i) bis iii) vermieden wird, indem entweder

- der Verbrennungsmotor (1), während die elektrische Maschine (6, 6') das Fahrzeug beschleunigt, mitgeschleppt wird, oder
- der Verbrennungsmotor (1) in vom Antrieb entkoppeltem Zustand zwecks Starten hochgedreht wird und bei Synchrongeschwindigkeit mit dem Antrieb gekoppelt wird.

Die Erfindung ist auch auf ein entsprechendes Verfahren zum Betreiben eines Antriebssystems gerichtet.



DE 198 14 402 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug mit einem Verbrennungsmotor und wenigstens einer elektrischen Maschine, die jeweils für sich als Antriebsmotor des Fahrzeugs dienen können. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Antriebssystems. Solche Antriebssysteme, bei denen Verbrennungsmotor und elektrische Maschine jeweils für sich den Fahrzeugantrieb übernehmen können, sind auch unter der Bezeichnung "Parallelhybridantrieb" bekannt.

Ein wesentliches Ziel bei der Entwicklung von Kraftfahrzeugantrieben ist die Reduzierung der von den Verbrennungsmotoren verursachten Schadstoff- und Lärmemissionen. Ein kritischer Bereich ist hierbei die Anfahrphase der Fahrzeuge: hier kommt es zu einem erhöhten spezifischen Kraftstoffverbrauch und zu relativ hohen Schadstoffemissionen. Letzteres stört insbesondere im Stadtbereich aufgrund der dort gehäuften Anfahrvorgänge. Hinzu kommt eine erhöhte Lärmbelästigung aufgrund des Hochdrehens der Motoren vor dem Einkuppeln.

Parallelhybridantriebe bieten in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, das Fahrzeug in der Anfahrphase ausschließlich mit Hilfe eines elektrischen Antriebes zu beschleunigen und den Verbrennungsmotor erst zuzuschalten, wenn der Betriebspunkt in einem hinsichtlich Wirkungsgrad und Schadstoffemissionen günstigeren Bereich liegt. Eine solche Lösung ist beispielsweise aus der DE 33 35 923 A1 bekannt. Hier wird nach dem elektrischen Anfahren der Verbrennungsmotor mit Hilfe einer Kupplung über die elektrische Maschine mit der Antriebsachse verbunden. Dieser wird dabei durch das Ankuppeln angeworfen. Eine entsprechende Lösung ist aus der EP 0 743 216 A2 bekannt. Das Ankuppeln des Verbrennungsmotors an den Antriebsstrang erfolgt dort nicht mechanisch, sondern mit Hilfe einer elektromagnetischen Kupplung. Das Ankuppeln des stillstehenden Verbrennungsmotors an den rotierenden Antriebsstrang hat den Nachteil, daß schlagartig ein relativ großes Drehmoment aufgebracht werden muß. Dies kann zu einem ruckartigen Abfall des Antriebsmoments führen. Um diesen unerwünschten Effekt zu mindern, ist in der erstgenannten DE 33 35 923 A1 der Verbrennungsmotor mit einem abschaltbaren Schwungrad ausgebildet. Dadurch kann sein Trägheitsmoment verkleinert werden, so daß er beim Ankuppeln leichter "mitgerissen" werden kann. In der zweitgenannten EP 0 743 216 A2 wird dem ruckartigen Momentenabfall mit einer entsprechenden Erhöhung des elektrischen Antriebsmoments entgegengewirkt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein weiteres Antriebssystem anzugehen welches einen elektrischen Anfahrvorgang und ein späteres Zuschalten des Verbrennungsmotors ermöglicht. Dazu gehört auch die Bereitstellung eines entsprechenden Verfahrens.

Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben erkannt, daß es wünschenswert wäre, zur Beseitigung des o.g. Problems den Kupplungsruck im Anfang zu begegnen, und nicht nur seine Auswirkungen zu mindern. Sie haben erkannt, daß dies durch eine Synchronisation von Verbrennungsmotor und Antrieb erzielbar ist. Dies kann erfundsgemäß auf zwei Arten geschehen: einerseits, indem der Verbrennungsmotor vom elektrischen Antrieb schon am Anfang der Anfahrphase mitgeschleppt wird. Er wird dann zum gewünschten Zeitpunkt einfach gestartet, z. B. durch Aktivierung von Kraftstoffzufuhr und/oder Zündung. Die andere Art ist diejenige, den Verbrennungsmotor im entkoppelten Zustand zu starten und auf Synchrongeschwindigkeit mit der zu koppelnden Antriebswelle zu bringen, bevor er an den Antrieb gekoppelt wird. Beide Lösungen vermeiden einen

## ruckartigen Kuppelvorgang.

Im einzelnen stellt die Erfindung gemäß Anspruch 1 ein Antriebssystem gemäß der eingangs genannten Art bereit, welches so ausgebildet ist, daß die Anfahrphase des Fahrzeugs folgendermaßen abläuft:

- i) das Fahrzeug wird anfangs allein durch die elektrische Maschine beschleunigt,
- ii) der Verbrennungsmotor wird währenddessen gestartet,
- iii) der Verbrennungsmotor übernimmt darauffolgend den Antrieb des Fahrzeugs,

wobei ein ruckartiges Ankuppeln des Verbrennungsmotors im Verlauf der Schritte i) bis iii) vermieden wird, indem entweder

- a) der Verbrennungsmotor, während die elektrische Maschine das Fahrzeug beschleunigt, mitgeschleppt wird, oder + b) der Verbrennungsmotor in vom Antrieb entkoppeltem Zustand zwecks Starten hochgedreht wird und bei Synchrongeschwindigkeit mit dem Antrieb gekoppelt wird.

Eine entsprechende verfahrensmäßige Lösung ist in Anspruch 16 angegeben.

Wie oben bereits ausgeführt wurde, vermeidet die Erfindung das Auftreten eines Startrucks bereits im Ansatz und macht daher aufwendige und nicht optimale Lösungen, etwa nach Art eines verstellbaren Trägheitsmoments hinfällig.

In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen angegeben. Die Ansprüche 2 bis 7 beziehen sich auf die erste Alternative, bei welcher die elektrische Maschine den Verbrennungsmotor im Rahmen der Fahrzeugbeschleunigung mitschleppt. Die Ansprüche 8 bis 13 beziehen sich auf die zweite Alternative. Die Ansprüche 14 und 15 betreffen Ausgestaltungen zu beiden Alternativen.

Beim Mitschleppen des Verbrennungsmotors entstehen störende Drehmomentschwankungen durch die alleinige Wirkung von Massenkräften des Kurbeltriebs. Gemäß Anspruch 2 wirkt eine mit dem Verbrennungsmotor gekoppelte elektrische Maschine diesen Drehmomentschwankungen aktiv entgegen, indem sie entgegengerichtete (gegenphasige) Drehmomente auf bringt. Gemäß Anspruch 3 handelt es sich bei dieser elektrischen Maschine um diejenige, welche auch als Antriebsmotor für das Fahrzeug fungiert. Zu diesem Zweck wird die Maschine so gesteuert, daß sie die entgegengerichteten, im allgemeinen zeitlich schnell variierenden Drehmomente dem (relativ dazu nur langsam verlagenden) Antriebsmoment überlagert.

Zur Verminderung der vom Komprimieren herriehenden Drehmomentschwankungen erfolgt gemäß Anspruch 4 das Mitschleppen des Verbrennungsmotors zunächst im dekomprimierten Zustand. Um einen etwaigen Ruck beim Übergang vom Betrieb unter Dekompression zu demjenigen unter Kompression zu vermeiden, setzt gemäß Anspruch 5 die Kompression nach dem anfänglichen dekomprimierten Mitschleppen weich ein. Um eine besonders wirksame Dämpfung der Ungleichförmigkeiten zu erzielen, kann vorteilhaft die Dekompression kombiniert mit der obigen Aktivdämpfung durch die elektrische Maschine zur Anwendung kommen. Gemäß Anspruch 6 ist der Verbrennungsmotor zur Erzielung der Dekompressionsfunktion vorteilhaft mit einem elektromagnetischen oder elektrodynamischen Ventiltrieb ausgestattet (ein elektromagnetischer Ventiltrieb ist beispielsweise aus der DE 30 24 109 A1 bekannt). Die Dekompression und ggf. der weiche Übergang von Dekompression zu Kompression werden durch entsprechende Ansteuerung

des Ventiltriebs bewirkt. Der hohe Bedarf an elektrischer Energie, den ein solcher Ventiltrieb hat, kann vorteilhaft gedeckt werden, indem die dem Antrieb dienende elektrische Maschine nach Beendigung der Anfahrphase als Generator fungiert.

Das eigentliche Starten des mitgeschleppten Verbrennungsmotors kann dadurch herbeigeführt werden, daß bei Erreichen einer ausreichenden Drehzahl die Zündung und/oder die Kraftstoffeinspritzung aktiviert werden (Anspruch 7).

Die folgenden Ausgestaltungen beziehen sich auf die zweite Alternative des Hauptanspruchs, wonach der Verbrennungsmotor in vom Antrieb entkoppeltem Zustand zwecks Starten hochgedreht wird. Gemäß Anspruch 8 erfolgt hierbei das Hochdrehen und Starten des Verbrennungsmotors durch eine elektrische Maschine. Grundsätzlich kann nach dem Start ein ggf. erforderliches weiteres Hochdrehen des Verbrennungsmotors bis zur Erreichung der Synchondrehzahl aus eigener Kraft erfolgen. Dies erfolgt jedoch nur relativ träge; zudem ist eine genaue Synchronisation auf diesem Wege steuerungstechnisch nur schwierig zu beherrschen. Um diese Nachteile zu vermeiden, übernimmt gemäß Anspruch 9 die für das Starten sorgende elektrische Maschine auch die Aufgabe, den Verbrennungsmotor aktiv auf die Synchondrehzahl zu bringen.

Für das Starten des Verbrennungsmotors im vom Antrieb abgekoppelten Zustand schlägt die vorliegende Erfindung zwei verschiedene Ausgestaltungen vor:

Nach einer ersten Ausgestaltung gemäß Anspruch 10 ist die für das Starten sorgende elektrische Maschine mit der für die Fahrzeugbeschleunigung sorgenden identisch. Sie wird nach Beschleunigung des Fahrzeugs vom Antrieb abgekoppelt, dann an den Verbrennungsmotor angekoppelt, und dreht diesen dann hoch, so daß er startet. Anschließend wird der Verbrennungsmotor bei Synchondrehzahl mit dem Antrieb gekoppelt; er übernimmt dann den Fahrzeugantrieb. Bei einer Variante gemäß Anspruch 11 ist die elektrische Maschine als eine elektrische Doppelmaschine ausgebildet, welche zwei Läufer und einen umschaltbaren Ständer aufweist. Die Umschaltung kann beispielsweise durch mechanische Verschiebung des Ständers oder durch elektrische Umschaltung einer Art Doppelständer erfolgen.

Nach einer zweiten Ausgestaltung gemäß Anspruch 12 sind die für das Starten und für den Fahrzeugantrieb sorgenden elektrischen Maschinen zwei gesonderte elektrische Maschinen. Diese arbeiten simultan: eine von ihnen startet den vom Antrieb entkoppelten Verbrennungsmotor, während die andere das Fahrzeug beschleunigt. Bei Erreichen der Synchondrehzahl wird der Verbrennungsmotor dann mit dem Antrieb gekoppelt.

Gemäß Anspruch 13 ist zwischen den beiden elektrischen Maschinen eine Kupplung angeordnet. Das Koppeln des Verbrennungsmotors mit dem Antrieb erfolgt dann durch Schließen dieser Kupplung.

Für alle genannten Ausgestaltungen der Erfindung ist es vorteinatt, wenn die zum Starten und/oder Fahrzeugbeschleunigen dienende/n Maschine/n auf der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors oder einer Antriebswelle sitzt und während des Antriebs durch den Verbrennungsmotor mitdrehrt (Anspruch 14).

Besonders vorteilhaft ist die Erfindung im Rahmen einer automatischen Start-Stop-Sterierung des Verbrennungsmotors einsetzbar (Anspruch 14). Bei einer solchen Start-Stop-Sterierung muß ein Fahrzeug nämlich sehr häufig aus einem Zustand mit abgestelltem Verbrennungsmotor beschleunigen. Die Charakteristika des erfindungsgemäßen Antriebssystems absolut verzögerungsfreies Losfahren sowie geringe Lärm- und Schadstoffemissionen in der Anfahrphase

schlagen hierbei besonders vorteilhaft zu Buche.

Die obigen Ausführungen zum Antriebssystem haben vollinhaltlich auch Gültigkeit für das erfindungsgemäße Verfahren (Anspruch 16) und dessen vorteilhafte Ausgestaltungen (Anspruch 17).

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen und der angefügten beispielhaften Zeichnung näher erläutert.

In der Zeichnung zeigen:

10 Fig. 1 eine Schemadarstellung der wichtigsten Funktions-einheiten eines ersten Ausführungsbeispiels;

Fig. 2a, 2b ein zum ersten Ausführungsbeispiel gehöriges Diagramm der Drehzahl des Antriebs als Funktion der Zeit und ein zugehöriges Diagramm des Moments der elektrischen Maschine;

15 Fig. 3 eine vereinfachte Schemadarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels;

Fig. 4a, 4b ein zum zweiten Ausführungsbeispiel gehöriges Diagramm entsprechend Fig. 2a sowie ein zugehöriges Diagramm der Drehzahl der elektrischen Maschine als Funktion der Zeit (Fig. 4b);

20 Fig. 5 eine Darstellung entsprechend Fig. 3 eines dritten Ausführungsbeispiels mit zwei elektrischen Maschinen;

Fig. 6a–6c zum dritten Ausführungsbeispiel gehörige 25 Diagramme entsprechend Fig. 4a und 4b, mit einem zusätzlichen Drehzahl-Zeit-Diagramm der zweiten elektrischen Maschine.

In den Figuren sind funktionsgleiche oder -ähnliche Teile mit gleichen Bezugsziffern gekennzeichnet.

30 Ein Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug, z. B. einen Personenkraftwagen, weist gemäß Fig. 1 einen Verbrennungsmotor 1 auf, der Drehmoment über eine Antriebswelle 2 (z. B. die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors 1 und eine damit verbundene Wellenfortsetzung), eine Kupplung 3 und

35 ein Getriebe 4 auf Antriebsräder 5 des Fahrzeugs abgibt. Auf der Antriebswelle 2 sitzt eine ebenfalls als Antriebsquelle dienende elektrische Maschine 6, hier eine Asynchron-Drehstrommaschine. Sie weist einen direkt auf der Antriebswelle 2 sitzenden und drehfest mit ihr verbundenen

40 Läufer 7 sowie einen z. B. am Gehäuse des Verbrennungsmotors 1 gegen Drehung abgestützten Ständer 8 auf. Die elektrische Maschine 6 (sowie die unten näher beschriebenen Einrichtungen zu ihrer Speisung und zur Energiespeicherung) sind so dimensioniert, daß sie das Fahrzeug aus

45 dem Stand beschleunigen kann und dabei den Verbrennungsmotor 1 mitschleppen kann, und zwar ohne Über- oder Unterersetzung zwischen der elektrischen Maschine 6 und dem Verbrennungsmotor 1, so daß beide permanent mit gleicher Drehzahl zusammenlaufen können. Bei (nicht darge- 50 stellt) Ausführungsformen ist zwischen der Antriebswelle 5 und der elektrischen Maschine 6 ein Untersetzungsgetriebe angeordnet, z. B. in Form eines Planetengetriebes, so daß die elektrische Maschine 6 beispielsweise mit der doppelten Drehzahl des Verbrennungsmotors 1 dreht. Die (nicht dargestellte) Wicklung des Ständers 8 wird durch einen

55 Wechselrichter 9 mit elektrischen Strömen und Spannungen praktisch frei einstellbarer Amplitude, Phase und Frequenz gespeist. Es handelt sich z. B. um einen Gleichspannungs-Zwischenkreis-Wechselrichter, welcher aus einer im wesentlichen konstanten Zwischenkreis-Gleichspannung mit Hilfe von elektronischen Schaltern z. B. sinusbewertete breitenmodulierte Pulse herausschneidet, die – gemittelt durch die Induktivität der elektrischen Maschine 6 – zu nahezu sinusförmigen Strömen der gewünschten Frequenz,

60 Amplitude und Phase führen. Der Wechselrichter 9 besteht im wesentlichen aus einem Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter 9a, einem Zwischenkreis 9b und einem Gleichspannungs-Wandler 9c. Ein Hochleistungsenergiespeicher

10 liegt – elektrisch gesehen – im Zwischenkreis 9b. Es handelt sich bei ihm z. B. um eine Kurzzeitbatterie oder einen Kondensatorspeicher mit hoher Kapazität. Der Wandler 9c ist mit einem Niederspannungs-Fahrzeugbordnetz 11 und einem Langzeitspeicher, hier einer herkömmlichen Niederspannungs-Bordnetzbatterie 12, gekoppelt. Das Bordnetz 11 und die Batterie 12 liegen auf einem niedrigen Spannungsniveau, z. B. 12 oder 24 Volt. Der Zwischenkreis 9b liegt demgegenüber auf einer erhöhten Spannung, z. B. an der oberen Grenze des Niederspannungsbereichs (z. B. 42 Volt) oder auch weit darüber, z. B. 200 bis 300 Volt. Die elektrische Maschine 6 kann nach dem (unten noch näher beschriebenen) Anfahrvorgang, bei dem sie elektrische Energie aus dem Hochleistungsspeicher 10 entnimmt, als Generator fungieren, d. h. elektrische Energie liefern. Diese dient der Aufladung des Hochleistungsspeichers 10, der Niederspannungsbatterie 12 sowie der Versorgung von Verbrauchern, beispielsweise Hochleistungsverbrauchern (z. B. elektromagnetischer Ventiltrieb) auf einem erhöhten Spannungsniveau (z. B. dem Zwischenkreisniveau) und normalen Verbrauchern im Niederspannungsnetz 11, und zwar nach Gleichrichtung durch den Umrichter 9a und ggf. Spannungsherabsetzung durch den Wandler 9c. Im Motorbetrieb wandelt der Umrichter 9a die von der Hochleistungsbatterie 10 in den Zwischenkreis 9b abgegebene Gleichspannung in Wechselspannung um. Ein übergeordnetes Steuergerät 13 steuert den Wechselrichter 9, und zwar den Umrichter 9a und den Wandler 9c. Es steuert ferner den Verbrennungsmotor 1 und die (automatisch betätigbare) Kupplung 3. Bei weiteren (nicht gezeigten) Ausführungsformen liegen Zwischenkreis und Fahrzeugbordnetz auf dem gleichen Spannungsniveau, z. B. an der oberen Grenze des Niederspannungsbereichs (z. B. 42 Volt).

Anhand Fig. 2 wird nun die Funktionsweise des Antriebsystems von Fig. 1 erläutert: Der Fahrer des Fahrzeugs gibt bei abgestelltem Verbrennungsmotor 1 ein Anfahrsignal, z. B. durch Betätigen des Fahrpedals. Das Fahrzeug fährt daraufhin praktisch verzögerungsfrei an und beschleunigt stetig. Der erste Teil des Anfahrvorgangs erfolgt durch den Antrieb der elektrischen Maschine 6 bis, für den Fahrer praktisch unmerklich, der Verbrennungsmotor 1 den weiteren Antrieb übernimmt. Dies ist im Drehzahldiagramm der Antriebswelle 2 gemäß Fig. 2a dargestellt.

Die elektrische Maschine 6 hat in der ersten Phase des Anfahrvorgangs eine Doppelfunktion. Und zwar dient sie einerseits der Fahrzeugbeschleunigung, andererseits dreht sie gleichzeitig den drehfest mit ihr verbundenen Verbrennungsmotor mit hoch, so daß dieser im Verlauf der Anfahrbeschleunigung gestartet werden kann. Im ersten Teil dieser Phase wird der Verbrennungsmotor 1 im dekomprimierten Zustand hochgedreht, wobei die Dekompression beispielsweise durch ein öffnen des Auslaßventils erfolgen kann. Ein derartiges Ventilverhalten kann einfach mit Hilfe einer elektromagnetischen Ventiusteuerung realisiert werden. Bei Erreichen einer ausreichenden Drehzahl wird die Dekompression beendet (gekennzeichnet mit "K" in Fig. 2a), wobei der Übergang von Dekompression zu Kompression vorzugsweise weich erfolgt. Kurz danach beginnt die Einspritzung des Kraftstoffes und die Aktivierung der Zündung (gekennzeichnet mit "F, Z" in Fig. 2a). Sodann startet der Verbrennungsmotor 1 und übernimmt die weitere Fahrzeugbeschleunigung (gekennzeichnet durch "Start"). Um diesen Losfahrvorgang zu ermöglichen, erzeugt die elektrische Maschine 6 ab dem Zeitpunkt des Anfahrsignals ein hohes Antriebs-Drehmoment, welches bei Übernahme des Fahrzeugantriebs durch den Verbrennungsmotor 1 wieder zurückgenommen wird. Diesem, im wesentlichen konstanten Drehmoment ist ein Wechseldrehmoment überlagert, das

betragsgleich gegenphasig zu den Drehmomentschwankungen ist, welche der Verbrennungsmotor 1 beim Mitschleppen erzeugt. Wie in Fig. 2b dargestellt ist, nimmt dieses überlagerte Wechseldrehmoment nach Beendigung der Dekompression stark zu. Dann nehmen nämlich die Gaskräfte des mitgeschleppten Verbrennungsmotors 1 zu, so daß zu deren Kompensation ein entsprechend größeres Wechseldrehmoment erforderlich ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 ist im Antriebsstrang zwischen dem Verbrennungsmotor 1 und der elektrischen Maschine 6 eine weitere Kupplung 3' angeordnet. Abgesehen von unten näher erläuterten steuerungstechnischen Unterschieden (also einer unterschiedlichen Programmierung des Steuergeräts 13) gleicht dieses Ausführungsbeispiel ansonsten dem vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel der Fig. 1. Die diesbezüglichen obigen Ausführungen haben daher auch für das vorliegende Ausführungsbeispiel Gültigkeit.

In den Fig. 4a und 4b ist die Funktionsweise des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 3 dargestellt. Der Anfahr- und Startvorgang weist vier verschiedene Phasen I bis IV auf. (Anmerkung: Die Einteilung dieser Phasen ist nicht mit der Einteilung i-iii der Schritte in Anspruch 1 identisch.) Fig. 4a zeigt ein Drehzahldiagramm der Antriebswelle 2. In der ersten Phase I sorgt die elektrische Maschine für den Antrieb des Fahrzeugs. In den anschließenden Phasen II und III rollt das Fahrzeug vorübergehend antriebslos weiter. In der letzten Phase IV erfolgt der Antrieb durch den Verbrennungsmotor 1 (wobei es möglich ist, daß auch in Phase IV die elektrische Maschine 6 antriebsunterstützend wirkt).

Das Drehzahldiagramm der Fig. 4b zeigt im einzelnen, wie dieses Wechselspiel von elektrischer Maschine 6 und Verbrennungsmotor 1 abläuft. Dabei ist die Drehzahl der elektrischen Maschine 6 mit durchgezogener und diejenige des Verbrennungsmotors 1 mit strichpunktierter Linie dargestellt. In der Phase I ist die Kupplung 3 geschlossen und die Kupplung 3' offen. In diesem Zustand beschleunigt die elektrische Maschine 6 das Fahrzeug aus dem Stand auf die Endgeschwindigkeit der Phase I. Zu Beginn der Phase II wird die Kupplung 3 geöffnet. Die elektrische Maschine 6 wird dann auf generatorischen Betrieb umgeschaltet und durch die Generatorbremswirkung schnell zum Stillstand gebracht. Zu Beginn der anschließenden Phase III wird die Kupplung 3' geschlossen. Die elektrische Maschine 6 dreht dann – wieder motorisch betrieben – den Verbrennungsmotor 1 auf eine Drehzahl, bei der zunächst dessen Start erfolgt, und anschließend noch höher auf eine Drehzahl, welche der momentanen Drehzahl des Antriebs entspricht ("Synchrondrehzahl!"). Hierbei handelt es sich im wesentlichen um die am Ende der Phase I erzielte Drehzahl, ggf. vermindert um eine geringfügige Abnahme aufgrund der antriebslosen Phasen II und III. Zu Beginn der Phase IV wird die Kupplung 3 geschlossen, und zwar ruckfrei aufgrund der Synchronisierung. Die weitere Beschleunigung des Fahrzeugs im Verlauf der Phase IV übernimmt der Verbrennungsmotor 1. Die elektrische Maschine 6 läuft dann mit, was durch das Wort "passiv" gekennzeichnet ist; sie kann beispielsweise leicht bremsend wirken (für eine Funktion als Fahrzeuggenerator) oder die zeitweise Fahrzeugbeschleunigung durch motorische Wirkung unterstützen.

Das dritte Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 entspricht wiederum demjenigen der Fig. 1, wobei hier aber zwischen der Kupplung 3 und dem Getriebe 4 eine weitere elektrische Maschine 6' angeordnet ist. Abgesehen von diesem Unterschied und einer hieraus resultierenden anderen Funktionsweise haben die obigen Ausführungen zu Fig. 1 auch für dieses Ausführungsbeispiel Gültigkeit.

Die Drehzahldiagramme gemäß Fig. 6a bis 6c veran-

schaulichen dessen Funktionsweise. Gemäß Fig. 6a erfolgt der Antrieb der Fahrzeugs in einer ersten Phase  $\alpha$  zunächst durch die elektrische Maschine 6. In einer anschließenden zweiten Phase  $\beta$  übernimmt der Verbrennungsmotor 1 den Fahrzeugantrieb, ohne daß dazwischen eine antriebslose Phase lage. Vorzugsweise ist der Übergang so gestaltet, daß die Drehzahl des Antriebs als Funktion der Zeit sowie deren zeitliche Ableitung an der Übergangsstelle stetig sind, mit anderen Worten also an der Übergangsstelle kein Sprung in der Drehzahl oder der Drehzahländerung als Funktion der Zeit auftritt. In Phase  $\alpha$  ist die Kupplung 3 offen, in Phase  $\beta$  ist sie geschlossen.

Die Fig. 6b und 6c verdeutlichen, wie diese Funktion erzielt wird. Und zwar beschleunigt die elektrische Maschine 6 bei offener Kupplung 3 das Fahrzeug aus dem Stand bis zum Ende der Phase  $\alpha$  (Fig. 6b). Simultan dazu dreht die elektrische Maschine 6 den Verbrennungsmotor 1 hoch, so daß dieser startet. Die elektrische Maschine dreht ihn darüber hinaus noch weiter, bis am Ende der Phase  $\alpha$  die gleiche Drehzahl wie diejenige der elektrischen Maschine 6 erreicht ist ("Synchrongröße"). Zu diesem Zeitpunkt wird die Kupplung 3 geschlossen. Der Verbrennungsmotor 1 übernimmt dann den Antrieb, so daß beide elektrischen Maschinen 6, 6' mitlaufen, was durch die Wörter "passiv" gekennzeichnet ist. Sie können dabei generatorisch bremsend wirken oder zeitweise die weitere Fahrzeugbeschleunigung unterstützen.

## Patentansprüche

1. Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug, mit einem Verbrennungsmotor (1) und wenigstens einer elektrischen Maschine (6, 6'), die jeweils für sich als Antriebsmotor des Fahrzeugs dienen können, wobei das Antriebssystem so ausgebildet ist, daß die Anfahrrphase des Fahrzeugs folgendermaßen abläuft:

- i) das Fahrzeug wird anfangs allein durch die elektrische Maschine (6, 6') beschleunigt,
- ii) der Verbrennungsmotor (1) wird währenddessen gestartet,
- iii) der Verbrennungsmotor (1) übernimmt darauf folgend den Antrieb des Fahrzeugs,

wobei ein ruckartiges Ankuppeln des Verbrennungsmotors (1) im Verlauf der Schritte i) bis iii) vermieden wird, indem entweder

- a) der Verbrennungsmotor (1), während die elektrische Maschine (6, 6') das Fahrzeug beschleunigt, mitgeschleppt wird, oder
- b) der Verbrennungsmotor (1) in vom Antrieb entkoppeltem Zustand zwecks Starten hochgedreht wird und bei Synchrongröße mit dem Antrieb gekoppelt wird.

2. Antriebssystem nach Anspruch 1, bei welchem beim Mitschleppen des Verbrennungsmotors (1) auftretende Drehmomentschwankungen aktiv durch entgegengerichtete Drehmomente verringert werden, welche von einer elektrischen Maschine (6) aufgebracht werden.

3. Antriebssystem nach Anspruch 2, bei welchem die entgegengerichteten Drehmomente von der das Fahrzeug antreibenden elektrischen Maschine (6) aufgebracht und dabei dem antreibenden Moment überlagert werden.

4. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem der Verbrennungsmotor (1) am Anfang des Mitschleppens dekomprimiert mitgedreht wird.

5. Antriebssystem nach Anspruch 4, bei welchem die Kompression nach dem anfänglichen, dekomprimier-

ten Mitschleppen weich einsetzt.

6. Antriebssystem nach Anspruch 4 oder 5, bei welchem der Verbrennungsmotor (1) mit einem elektromagnetischen oder elektrodynamischen Ventiltrieb ausgerüstet ist und die Dekompression durch geeignete Ansteuerung dieses Ventiltriebs erreicht wird.

7. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem beim Mitschleppen des Verbrennungsmotors (1) die Kraftstoffzufuhr und/oder die Zündung wenigstens so lange verzögert wird, bis eine zum Starten des Verbrennungsmotors (1) ausreichende Drehzahl erreicht wird.

8. Antriebssystem nach Anspruch 1, bei welchem das Hochdrehen und Starten des Verbrennungsmotors (1) in vom Antrieb entkoppeltem Zustand gemäß Schritt ii) durch eine elektrische Maschine (6) erfolgt.

9. Antriebssystem nach Anspruch 7, bei welchem die im entkoppelten Zustand für das Starten sorgende elektrische Maschine (6) den Verbrennungsmotor (1) auf Synchrongröße bringt, bevor er im darauffolgenden Schritt iii) den Fahrzeugantrieb übernimmt.

10. Antriebssystem nach Anspruch 8 oder 9, bei welchem die für das Starten im abgekoppelten Zustand sorgende elektrische Maschine (6) mit der für die Fahrzeugbeschleunigung sorgenden identisch ist, und diese elektrische Maschine (6) nach Beschleunigung des Fahrzeugs gemäß Schritt i) vom Antrieb abgekoppelt wird, dann an den Verbrennungsmotor (1) angekoppelt wird und diesen gemäß Schritt ii) hochdreht und startet, wobei der Verbrennungsmotor (1) anschließend bei Synchrongröße mit dem Antrieb gekoppelt wird und gemäß Schritt iii) den Fahrzeugantrieb übernimmt.

11. Antriebssystem nach Anspruch 8 oder 9, bei welchem die für das Starten sorgende elektrische Maschine (6) und die für die Fahrzeugbeschleunigung sorgende als eine elektrische Doppelmaschine ausgebildet sind, welche zwei Läufer und einen umschaltbaren Ständer aufweist, wobei die Umschaltung durch mechanische Verschiebung des Ständers oder durch elektrisches Umschalten eines Doppelständers erfolgt.

12. Antriebssystem nach Anspruch 8 oder 9, bei welchem die für das Starten und die für den Fahrzeugantrieb sorgenden elektrischen Maschine zwei gesonderte elektrische Maschinen (6 und 6') sind, von denen simultan eine (6) den vom Antrieb entkoppelten Verbrennungsmotor (1) startet und die andere (6') das Fahrzeug beschleunigt, wobei der Verbrennungsmotor (1) nach Erreichen der Synchrongröße mit dem Antrieb gekoppelt wird.

13. Antriebssystem nach Anspruch 12, welches eine Kupplung (3) zwischen den beiden elektrischen Maschinen (6, 6') aufweist, und bei welchem das Kuppeln des Verbrennungsmotors (1) mit dem Antrieb durch Schließen der Kupplung (3) erfolgt.

14. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei welchem die für das Starten und/oder das Fahrzeugbeschleunigen sorgende elektrische Maschine (6, 6') auf der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors (1) oder einer Antriebswelle (2) sitzt und beim Antrieb durch den Verbrennungsmotor (1) mitgedreht wird.

15. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 14, welches mit einer automatischen Start-Stop-Steuereinrichtung des Verbrennungsmotors (1) ausgerüstet ist.

16. Verfahren zum Betreiben eines Antriebssystems für ein Kraftfahrzeug, welches mit einem Verbrennungsmotor (1) und wenigstens einer elektrischen Maschine (6, 6') ausgerüstet ist, die jeweils für sich als Antriebsmotor des Fahrzeugs dienen können, mit folgen-

den Schritten:

- i) das Fahrzeug wird anfangs allein durch die elektrische Maschine (6, 6') beschleunigt,
- ii) der Verbrennungsmotor (1) wird währenddessen gestartet,
- iii) der Verbrennungsmotor (1) übernimmt darauf folgend den Antrieb des Fahrzeugs,  
wobei ein ruckartiges Ankuppeln des Verbrennungsmotors (1) im Verlauf der Schritte i) bis iii) vermieden wird, indem entweder
  - a) der Verbrennungsmotor (1), während die elektrische Maschine das Fahrzeug beschleunigt, mitgeschleppt wird, oder
  - b) der Verbrennungsmotor (1) in vom Antrieb entkoppeltem Zustand zwecks Starten hochgedreht wird und bei Synchrongeschwindigkeit mit dem Antrieb gekoppelt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, welches eines oder mehrere der Merkmale der Ansprüche 2 bis 14 aufweist.

5

10

15

20

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

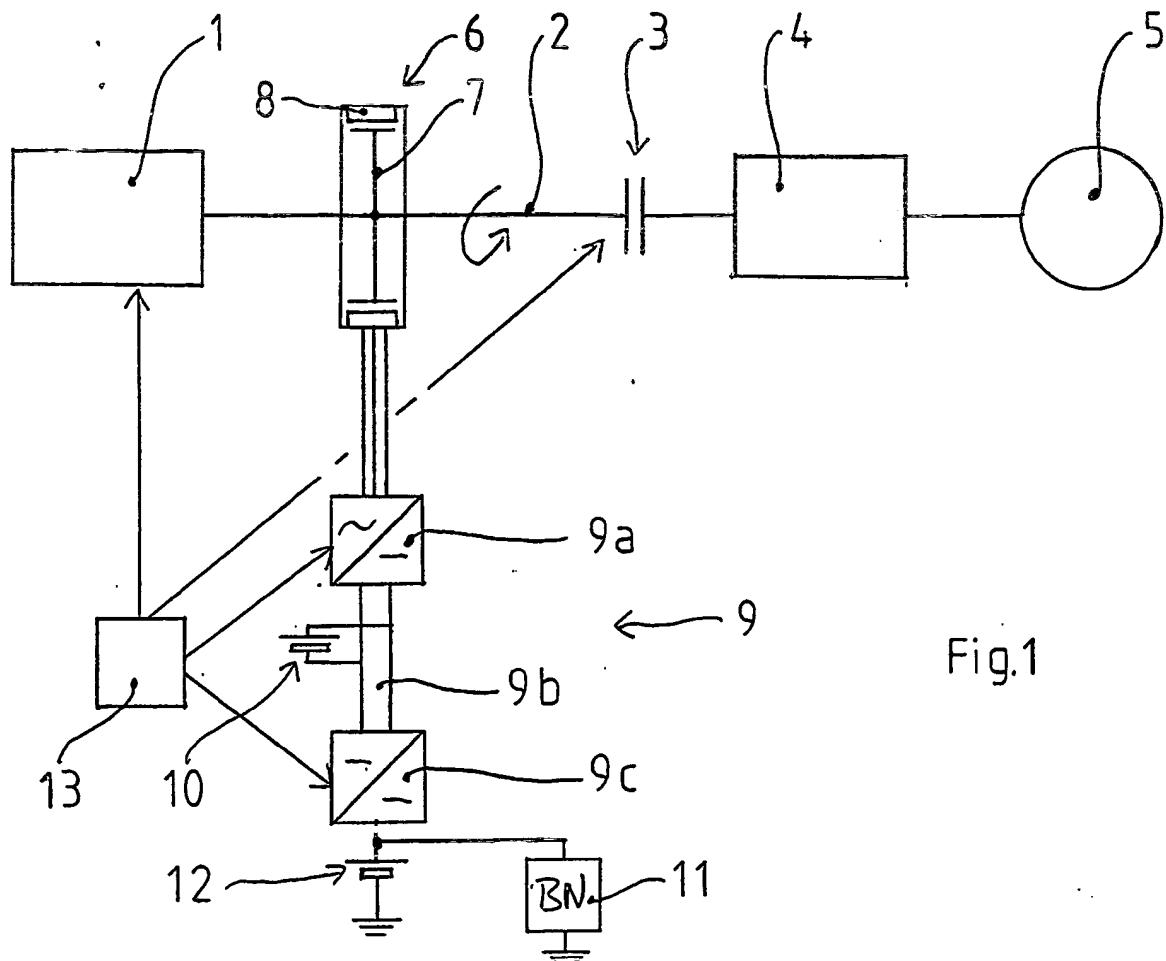


Fig. 1

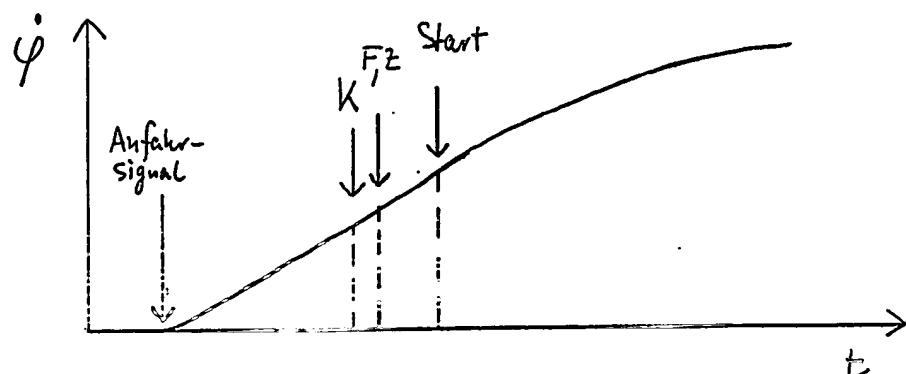


Fig. 2a

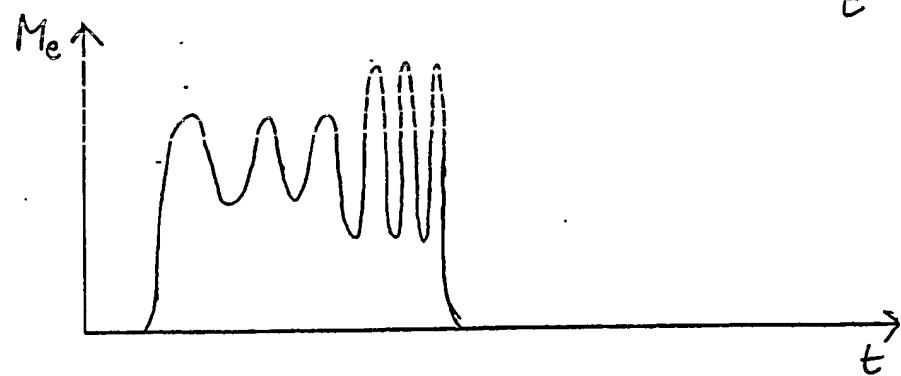


Fig. 2b

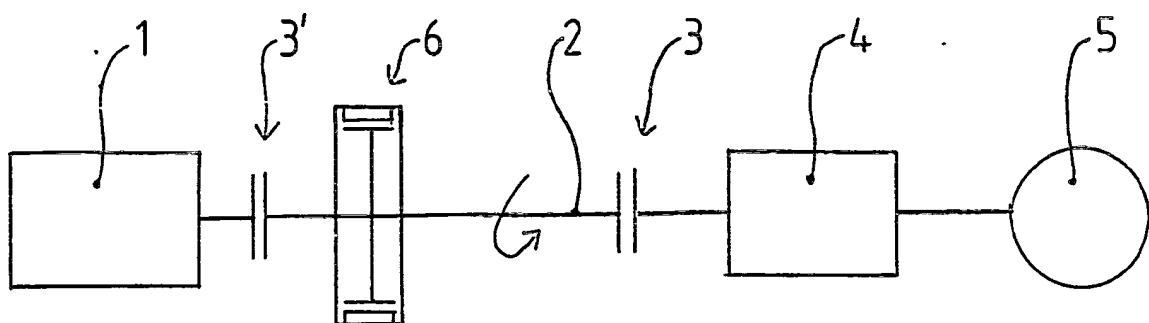


Fig. 3

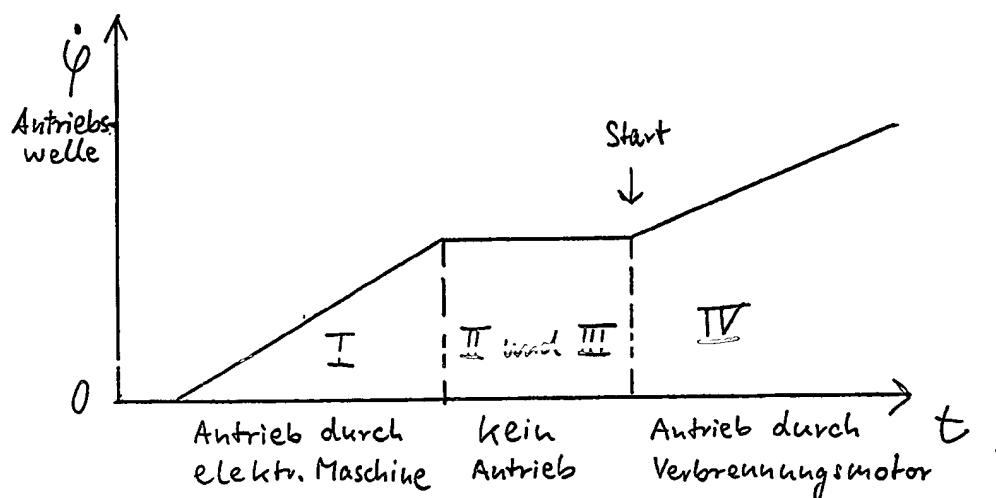


Fig. 4a

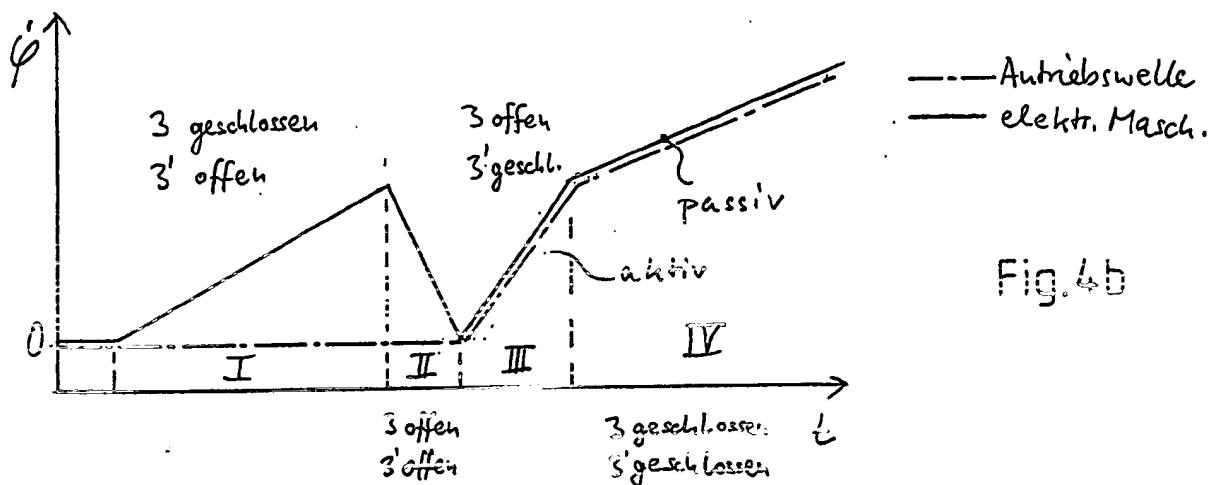


Fig. 4b

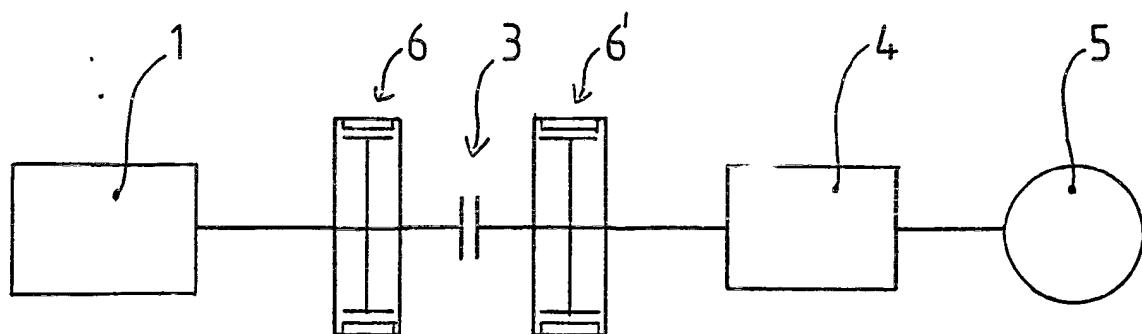


Fig. 5

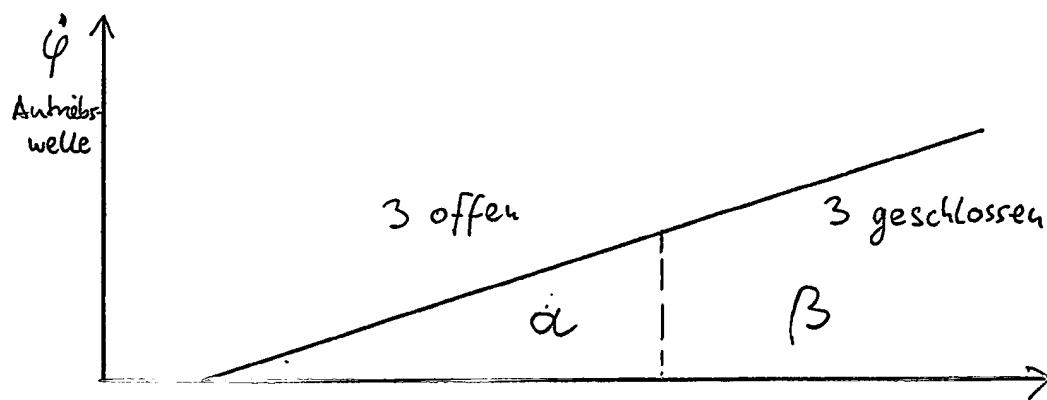


Fig. 6a

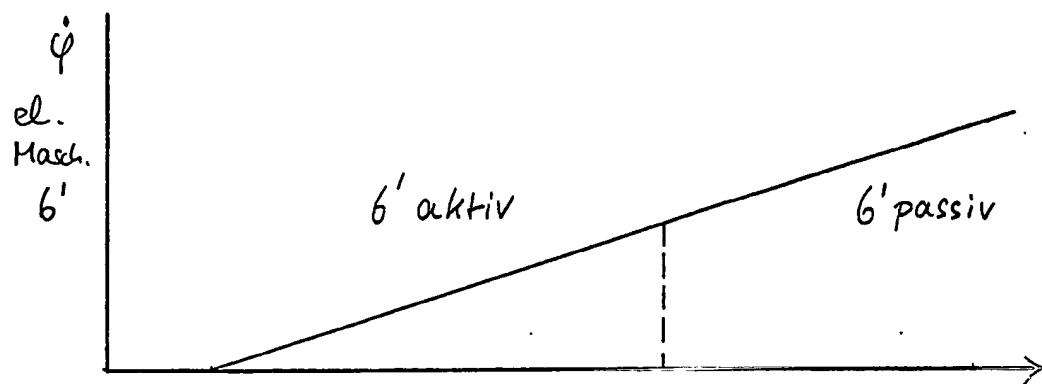


Fig. 6b

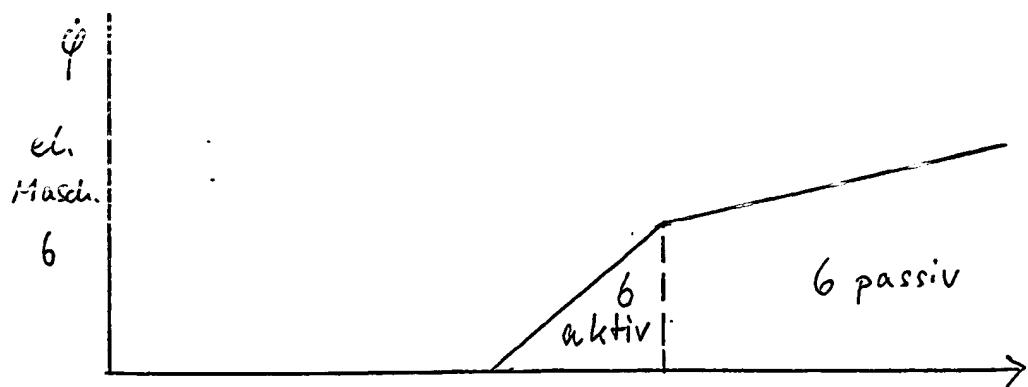


Fig. 6c